

УДК 635.21:631.811.98:574.36

ВЛИЯНИЕ НОВЫХ ФОРМ УДОБРЕНИЙ И РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА НА ДИНАМИКУ РОСТА, НАКОПЛЕНИЕ БИОМАССЫ РАСТЕНИЙ, ФОТОСИНТЕТИЧЕСКУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ И УРОЖАЙНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ

Е. Л. ИОНАС

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407

(Поступила в редакцию 29.01.2018)

Основная масса органического вещества, создаваемого растением картофеля, образуется в процессе фотосинтеза. Условия, благоприятные для его протекания, будут способствовать и получению более высоких урожаев. Важно обеспечить правильное соотношение между вносимыми элементами питания, создать условия для своевременного и достаточно мощного развития фотосинтетического аппарата и нормального течения фотосинтеза. Впервые на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах северо-восточной части Беларуси исследовалось влияние новых форм комплексных удобрений для основного внесения АФК: удобрения марки 16:12:24 с содержанием В, Си и S, разработанного в Институте почвоведения и агрохимии НАН Беларуси, комплексного бесхлорного органоминерального гранулированного удобрения для картофеля с содержанием макро-, микроэлементов и регулятора роста, производимое в России, а также комплексных удобрений для некорневой подкормки: израильского удобрения Нутривант Плюс (картофельный), белорусского жидкого комплексного удобрения МикроСтим В, Си и нанопрепарата в виде коллоидного раствора на основе наночастиц нерастворимых соединений микроэлементов, микроудобрения Наноплант на динамику роста, накопление сырой, сухой биомассы растений и фотосинтетическую деятельность среднераннего сорта картофеля Манифест и среднепозднего сорта Вектар. По результатам исследований, у среднераннего сорта Манифест применение некорневой подкормки комплексным удобрением Нутриванта плюс на фоне $N_{120}P_{70}K_{130}$ с нормой расхода 2,5 кг/га при двукратной обработке в среднем за три года исследований на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах северо-восточной части Беларуси, способствовало созданию оптимальных условий для роста и развития растений.

В фазе цветения сырая и сухая масса ботвы составляла (432,9 и 49,3 г/куст), превышая фон на 60,7 и 7,0 г/куст, площадь листьев (51,9 тыс. м²/га), превышая фон на 9,4 тыс. м²/га. В период цветения – увядание ботвы фотосинтетический потенциал увеличивался к фону, на 0,196 млн м² * сутки /га, а чистая продуктивность фотосинтеза в этот период не принимала отрицательного значения, что и позволило получить максимальную урожайность картофеля среднераннего сорта Манифест (50,0 т/га). Некорневые подкормки Нутривантом плюс на фоне более высоких доз удобрений $N_{130}P_{90}K_{150}$ с нормой расхода 2,0 кг/га с трехкратной обработкой в среднем за три года исследований у среднепозднего сорта Вектар повышали высоту растений до 80,4 см, сырую и сухую биомассу до 360,5 и 45,1 г/куст соответственно. В период цветения–увядание ботвы фотосинтетический потенциал увеличивался до 0,810 млн м² * сутки /га, а чистая продуктивность фотосинтеза снижалась более медленными темпами в отличие от других вариантов. Все это способствовало получению высокой урожайности клубней картофеля в данном варианте (41,8 т/га).

Ключевые слова: картофель, удобрения, сорт, дерново-подзолистая почва, урожай, фотосинтез.

The bulk of organic matter produced by the potato plant is formed in the process of photosynthesis. Conditions favorable for its activity will also contribute to higher yields. It is important to ensure the correct relationship between the inserted nutrients, to create conditions for the timely and sufficiently powerful development of photosynthetic apparatus and normal activity of photosynthesis. For the first time on sward-podzolic light loamy soils of the north-eastern part of Belarus, we conducted research into the influence of new forms of complex fertilizers for the main application of fertilizer of the grade 16:12:24 with B, Cu and S contents, developed at the Institute of Soil Science and Agrochemistry of the National Academy of Sciences of Belarus, complex chlorine-free organic-mineral granular fertilizer for potatoes containing macro- and microelements and a growth regulator produced in Russia, as well as complex fertilizers for foliar fertilizing, Israeli fertilizer Nutrivant Plus (for potato), Belarusian liquid complex fertilizer MicroStim B, Cu and nanopreparation in the form of a colloidal solution based on nanoparticles of insoluble trace element compounds, and micro-fertilizer Nanoplant on growth dynamics, accumulation of raw and dry plant biomass, and photosynthetic activity of the medium-early potato variety Manifest and medium-late variety Vektar. According to the results of research into medium-early variety Manifest, the use of foliar fertilizing with complex fertilizer Nutrivant plus against the background of $N_{120}P_{70}K_{130}$ with a rate of 2.5 kg / ha for two-time treatment on an average of three years of research on sward-podzolic light loamy soils of the north-eastern part of Belarus led to the creation of optimal conditions for plant growth and development. In the flowering phase, the wet and dry weight of the tops was 432.9 and 49.3 g / bush, exceeding the background by 60.7 and 7.0 g / bush, the leaf area was 51.9 thousand m² / ha, exceeding the background by 9.4 thousand m² / ha. In the period from flowering to the withering of tops, the photosynthetic potential increased, compared to the background, by 0.196 million m² x day / ha, and the net productivity of photosynthesis in this period did not take a negative value, which allowed obtaining the maximum yield of potatoes of medium-early variety Manifest (50.0 t / ha). Foliar top dressing with Nutrivant plus against the background of higher doses of fertilizers of $N_{130}P_{90}K_{150}$ with a rate of consumption of 2.0 kg / ha with a three-fold treatment on average for three years of research in the medium-late variety Vektar increased the height of plants to 80.4 cm, wet and dry biomass – to 360.5 and 45.1 g / bush, respectively. In the period from flowering to the withering of tops, the photosynthetic potential

increased to 0.810 million $m^2 \times day / ha$, and the net productivity of photosynthesis decreased at a slower rate, unlike other variants. All this contributed to the high yield of potato tubers in this variant (41.8 t / ha).

Key words: potatoes, fertilizers, variety, sward-podzolic soil, yield, photosynthesis.

Введение

Фотосинтез – наиболее важный процесс жизнедеятельности растений. От того, как он протекает, в первую очередь зависят рост и развитие растений, их урожай. Продуктивность фотосинтеза определяется суммарной площадью листьев и интенсивностью фотосинтетических процессов на единицу площади листьев [1]. Для получения высокого урожая необходимо создать условия для быстрого формирования вегетирующих растений и затем прекращения увеличения площади листьев и поддержания ее на оптимальном уровне в течение длительного времени. Обеспечение оптимального процесса формирования ассимиляционной поверхности листьев достигается созданием необходимого уровня минерального питания. Изменением уровня минерального питания путем применения разных норм удобрений можно оказывать значительное влияние на скорость роста и накопление надземной массы растений. Это имеет существенное значение для освещенности посевов, интенсивности поглощения солнечной энергии разными ярусами листьев, их водообеспеченности, продолжительности работы фотосинтетического аппарата и в результате для повышения чистой продуктивности фотосинтеза. У разных по биологическим особенностям сортов картофеля указанные процессы под влиянием удобрений будут проходить неодинаково [2].

Впервые на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах северо-восточной части Беларуси были проведены исследования с применением новых форм комплексных удобрений для основного внесения и некорневых подкормок и комплексных препаратов на основе удобрений и регуляторов роста и их влияние на динамику роста, накопление сырой и сухой биомассы растений и фотосинтетическую деятельность среднераннего сорта картофеля Манифест и среднепозднего сорта Вектар.

Основная часть

Исследования проводили в 2014–2016 гг. на территории УНЦ «Опытные поля Белорусской государственной сельскохозяйственной академии» на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве.

Общая площадь делянки 25,2 м², учетной – 16,8 м², повторность в опыте четырёхкратная. Посадку картофеля проводили в 2014 г. 12 мая и в 2015 и 2016 гг. – 6 мая четырехрядной картофеле-сажалкой КСМ – 4, семенными клубнями 35–55 мм. Густота посадки 47,6 тыс. клубней на 1 га. Глубина посадки 8–10 см. Способ посадки гребневой.

Весной согласно схеме опыта вносили навоз КРС в дозе 40 т/га с содержанием по годам исследований N 0,48–0,52 %, P₂O₅ 0,2–0,22 %, K₂O 0,55–0,59 %. Под культивацию использовали стандартные формы минеральных удобрений, а также новые формы комплексных удобрений для основного внесения в эквивалентных дозах по азоту, фосфору и калию (N₉₀P₆₈K₁₃₅).

В опытах применяли карбамид (46 % N), аммофос (12 % N, 52 % P₂O₅), хлористый калий (60 % K₂O). Из комплексных удобрений для основного внесения использовали азотно-фосфорно-калийное (АФК) удобрение марки N:P:K (16:12:24) с содержанием 0,12 % B, 0,15 % Cu и 4,0 % S, разработанное в Институте почвоведения и агрохимии НАН Беларуси, а также комплексное бесхлорное органоминеральное гранулированное удобрение для картофеля с содержанием макро- и микроэлементов и регулятором роста (N – 6,0 %, P₂O₅ – 8,0 %, K₂O – 9,0 %, MgO – 2,0 %, Fe – 0,07 %, Mn – 0,1 %, Cu – 0,01 %, B – 0,025 %, массовая доля гуминовых соединений – 2,0 %), производимое в России.

Для некорневой подкормки использовали израильское комплексное водорастворимое удобрение Нутривант плюс (картофельный) с содержанием (N₀+P₄₃+K₂₈+Mg₂+B_{0,5}+Mn_{0,2}+Zn_{0,2} + фертивант), которое вносили по вегетирующим растениям у сорта Манифест в дозах по 2,5 кг/га в фазе смыкания ботвы и в фазе бутонизации–конец цветения, а у сорта Вектар по 2,0 кг/га в фазе смыкания ботвы, в фазе бутонизации и в фазе клубнеобразования. В опытах применяли белорусское жидкое комплексное удобрение МикроСтим В, Cu включающее (N – 65 г/л, B – 40 г/л, Cu – 40 г/л, гуминовые вещества 0,6–6,0 мг/л) в дозе 1,3 л/га в фазе начала бутонизации, регулятор роста Экосил в дозе 200 мл/га в начале цветения; при массовом цветении; через 7 дней после последней обработки, а также нанопрепарат в виде коллоидного раствора на основе наночастиц нерастворимых соединений микроэлементов микроудобрение Наноплант, включающее (Co – не менее 0,36 г/л, Mn – не менее 0,36 г/л, Cu – не менее 0,43 г/л, Fe – не менее 0,60 г/л), в дозе 100 мл/га при высоте растений картофеля 15–20 см; в фазе начало бутонизации и в фазе клубнеобразования.

Опыты сопровождались фенологическими наблюдениями, изучением динамики роста и накопления сырой и сухой биомассы растениями картофеля. Площадь листьев картофеля определяли по

методике Н. Ф. Коняева [3]. Фотосинтетический потенциал и чистая продуктивность фотосинтеза определялись по общепринятым методикам [4]. Статистическую обработку данных проводили методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову [5]. Положительное действие новых форм удобрений для основного внесения, некорневых подкормок и регуляторов роста на высоту растений было отмечено в среднем за три года до фазы увядания ботвы, как у сорта Манифест, так и сорта Вектар. В фазе цветения в среднем за 2014–2016 гг. наблюдалось значительное увеличение высоты растений у сорта Манифест от применения некорневых подкормок комплексных удобрений и регуляторов роста, где высота растений картофеля доходила до (72,0–74,3 см), превышая фон ($N_{120}P_{70}K_{130}$), на 2,6–4,9 см соответственно. Наибольшая высота растений у сорта Вектар, как в фазе цветения, так и в фазе увядания ботвы была от использования Нутриванта плюс на фоне более высоких доз удобрений $N_{130}P_{90}K_{150}$, где она составила 76,5 см и 80,4 см соответственно. В первой половине вегетации было отмечено интенсивное нарастание массы ботвы картофеля. У сорта Манифест в фазе бутонизации в вариантах с применением удобрений и регуляторов роста она достигала (211,2–334,9 г/куст), в фазе цветения (303,0–438,0 г/куст), на контроле (159,1 и 251,0 г/куст). У сорта Вектар в фазе бутонизации (170,4–294,1 г/куст), в фазе цветения (266,0–413,5 г/куст), на контроле (96,8 и 200,1 г/куст) соответственно.

Новые формы комплексных удобрений и регуляторы роста оказывали положительное влияние на сохранение надземной массы более продолжительное время в жизнедеятельном состоянии. Так, использование высоких доз удобрений $N_{130}P_{90}K_{150}$ с некорневой подкормкой Нутривантом плюс способствовали более медленному отмиранию ботвы растений картофеля.

Результаты наблюдений выявили, что интенсивное накопление сухого вещества в растениях картофеля проходило с фазы бутонизации и максимального значения достигало в фазу цветения. С фазы увядания ботвы данный показатель уменьшается, так как идёт отток питательных веществ в хозяйственно – ценную часть растения – клубни. Наибольшая масса сухого вещества в среднем за три года в фазе цветения была у сорта Манифест получена от использования МикроСтива В, Си (51,8 г/куст) и регулятора роста Экосил (50,6 г/куст), превышая фон $N_{120}P_{70}K_{130}$ на 9,5 и 8,3 г/куст соответственно. Применение Нутриванта плюс на том же фоне способствовало увеличению накопления сухого вещества в растениях на 7,0 г/куст. Максимальная масса сухого вещества у сорта Вектар зафиксирована в варианте с применением Нутриванта плюс на фоне $N_{120}P_{70}K_{130}$, превышая фон на 13,2 г/куст. Однако к фазе увядания ботвы некорневая подкормка Нутривантом плюс на фоне повышенных доз удобрений $N_{130}P_{90}K_{150}$ способствовала большему накоплению сухой массы растений по сравнению с использованием Нутриванта плюс на фоне $N_{120}P_{70}K_{130}$ на 7,0 г/куст.

В среднем за два года исследований в фазе цветения использование Нанопланта у сорта Манифест на фоне $N_{120}P_{70}K_{130}$ увеличивало сухую массу растений к фону, на 11,0 г/куст. Применение МикроСтива В, Си с внесением до посадки картофеля 40 т/га навоза на фоне $N_{90}P_{68}K_{135}$ у сорта Вектар существенное влияние на возрастание накопления сухой массы растений оказало к фазе увядания ботвы, превышая фон, где данное микроудобрение не применялось, на 19,0 г/куст. Размер рабочей поверхности, или площади листьев, во многом зависит от сорта и условий выращивания растений и может колебаться в довольно значительных пределах [6].

Это подтвердили и наши исследования, где было установлено, что среднеранний сорт картофеля Манифест, в сравнении со среднепоздним сортам Вектар, при равных условиях, формировал несколько большую площадь листьев в среднем за 2014–2016 гг. исследований. На рабочую поверхность листьев оказывали влияние новые формы комплексных удобрений и регуляторы роста.

Наибольших размеров площадь листьев у сорта Манифест в среднем за три года исследований достигала в фазе цветения. При внесении хлорсодержащего и бесхлорного АФК удобрения площадь листовой поверхности составила 46,2 и 47,0 тыс.м²/га, увеличивая данный показатель по сравнению с вариантом, где в эквивалентных дозах были внесены азот, фосфор и калий ($N_{90}P_{68}K_{135}$) в форме стандартных удобрений, на 7,4 и 8,2 тыс.м²/га соответственно. Некорневая подкормка регулятором роста Экосил на фоне $N_{120}P_{70}K_{130}$ обеспечила повышение площади листьев к фону на 10,8 тыс.м²/га. Несколько ниже площадь листовой поверхности была от применения Нутриванта плюс и МикроСтива В, Си на фоне ($N_{120}P_{70}K_{130}$), превышая фон на 9,4 и 8,0 тыс.м²/га соответственно (табл. 1). В среднем за два года исследований применение Нанопланта на фоне $N_{120}P_{70}K_{130}$ увеличивало площадь листовой поверхности к фону, на 11,2 тыс.м²/га. Использование МикроСтива В, Си с внесением до посадки картофеля 40 т/га навоза на фоне $N_{90}P_{68}K_{135}$ существенного влияния на площадь листьев к фону, где данное микроудобрение не применялось, не оказывало. К уборке происходило постепенное отмирание листьев и снижение их деятельной поверхности. Необходимо отметить, что в среднем за три года наименьшие темпы снижения ассимиля-

ционной поверхности листьев в фазе увядания ботвы было с некорневой подкормкой Нутривант плюс, превышая фон ($N_{120}P_{70}K_{130}$), на 10,1 тыс.м²/га.

Наименьшая площадь листовой поверхности по фазам развития картофеля сорта Вектар в среднем за 2014–2016 гг. была также в контрольном варианте (табл. 2).

Таблица 1. Влияние новых форм удобрений и регуляторов роста на величину площади листовой поверхности картофеля сорта МанIFEST (среднее за 2014–2016 гг.)

Вариант опыта	Площадь листовой поверхности, тыс. м ² /га по фазам развития			
	всходы	бутонизация	цветение	увядание ботвы
1. Без удобрений	0,5	13,6	23,0	18,5
2. $N_{90}P_{68}$	0,5	20,7	38,6	32,4
3. $N_{90}P_{68}K_{135}$ Фон – 1	0,6	21,7	38,8	33,1
4. $N_{90}P_{68}K_{135}$ (АФК – хлорсодержащее удобрение)	0,6	24,3	46,2	35,2
5. $N_{90}P_{68}K_{135}$ (АФК – бесхлорное удобрение)	0,6	24,4	47,0	35,8
6. $N_{120}P_{70}K_{130}$ Фон – 2	0,6	22,7	42,5	33,3
	0,6*	23,8*	42,6*	37,5*
7. Фон 2 + МикроСтим В, Сu	0,6	28,1	50,5	39,3
8. Фон 2 + Нутривант плюс	0,6	27,0	51,9	43,4
9. Фон 2 + Экосил	0,6	26,2	53,3	36,8
10. $N_{130}P_{90}K_{150}$ + Нутривант плюс	0,6	27,1	49,2	37,5
11. Фон 1 + Навоз 40 т/га	0,6	24,7	47,0	39,5
	0,6*	26,0*	48,0*	44,4*
12. Фон 1 + Навоз 40 т/га + Микро-Стим В, Сu	0,6*	28,4*	44,5*	43,7*
13. Фон 2 + Наноплант	0,6*	28,0*	53,8*	41,2*

* – среднее за 2015 –2016 гг.

Наибольшая площадь листьев в фазе цветения зафиксирована в вариантах с применением некорневой подкормки Нутривант плюс на фоне более высоких доз удобрений $N_{130}P_{90}K_{150}$ (43,0 тыс.м²/га), а также с внесением 40 т/га навоза на фоне $N_{90}P_{68}K_{135}$ (44,4 тыс.м²/га). При использовании Нутриванта плюс и МикроСтима В, Сu на фоне ($N_{120}P_{70}K_{130}$) площадь листовой поверхности составляла 42,6 и 42,0 тыс.м²/га. Внесение до посадки бесхлорного и хлорсодержащего АФК удобрения по действию на размер ассимиляционной поверхности листьев было равнозначным и составляло 40,7 и 39,4 тыс.м²/га.

Таблица 2. Влияние новых форм удобрений и регуляторов роста на величину площади листовой поверхности картофеля сорта Вектар (среднее за 2014–2016 гг.)

Вариант опыта	Площадь листовой поверхности, тыс. м ² /га по фазам развития			
	всходы	бутонизация	цветение	увядание ботвы
1. Без удобрений	0,3	13,6	18,5	13,7
2. $N_{90}P_{68}$	0,3	17,4	33,9	21,0
3. $N_{90}P_{68}K_{135}$ Фон – 1	0,3	20,9	35,8	22,5
4. $N_{90}P_{68}K_{135}$ (АФК – хлорсодержащее удобрение)	0,4	24,6	39,4	24,0
5. $N_{90}P_{68}K_{135}$ (АФК – бесхлорное удобрение)	0,4	22,5	40,7	33,9
6. $N_{120}P_{70}K_{130}$ Фон – 2	0,3	22,3	35,3	22,0
	0,3*	26,3*	36,5*	24,3*
7. Фон 2 + МикроСтим В, Сu	0,3	24,8	42,0	27,0
8. Фон 2 + Нутривант плюс	0,3	26,3	42,6	31,7
9. Фон 2 + Экосил	0,4	21,9	41,9	28,1
10. $N_{130}P_{90}K_{150}$ + Нутривант плюс	0,4	24,5	43,0	38,0
11. Фон 1 + Навоз 40 т/га	0,3	26,2	44,4	28,1
	0,4*	27,0*	43,3*	18,6*
12. Фон 1 + Навоз 40 т/га + Микро-Стим В, Сu	0,4*	25,1*	43,7*	35,1*
13. Фон 2 + Наноплант	0,3*	25,5*	41,4*	24,3*

* – среднее за 2015–2016 гг.

В фазе увядание ботвы, в среднем за три года исследований, у сорта Вектар наименьшие темпы снижения площади листьев были с некорневой подкормкой Нутривант плюс на фоне более высоких доз удобрений $N_{130}P_{90}K_{150}$ (38,0 тыс.м²/га). Внесение бесхлорного АФК удобрения способствовало наименьшему темпу снижения площади листовой поверхности по сравнению с вариантом, где в эквивалентных дозах были внесены азот, фосфор и калий ($N_{90}P_{68}K_{135}$) в форме стандартных удобрений, на 11,4 тыс.м²/га.

В среднем за два года исследований (2015–2016 гг.) применение МикроСтива В, Си с внесением до посадки картофеля 40 т/га навоза на фоне $N_{90}P_{68}K_{135}$, также способствовало наименьшему снижению площади листьев к фону, где данное микроудобрение не применялось на 16,5 тыс. м²/га.

Фотосинтетический потенциал в начале вегетации растений картофеля был наименьшим, но по мере роста площади листьев он увеличивался и достигал максимальных значений ко второй половине вегетации.

В среднем за 2014–2016 гг. исследований у сорта Манифест в варианте без применения удобрений в период цветения – увядание ботвы он достиг 0,415 млн м² * сутки /га. При внесении удобрений фотосинтетический потенциал увеличивался в 1,7–2,3 раза (табл. 3). Максимальный фотосинтетический потенциал листовой поверхности зафиксирован в варианте с применением Нутриванта плюс на фоне $N_{120}P_{70}K_{130}$ 0,953 млн м² * сутки /га, превышая фон на 0,195 млн м² * сутки /га. Высокий фотосинтетический потенциал наблюдался также в варианте с использованием регулятора роста Экосил 0,901 млн м² * сутки /га, превышая фон на 0,143 млн м² * сутки /га соответственно. В среднем за два года исследований (2015–2016 гг.) применение микроудобрения Наноплант на фоне $N_{120}P_{70}K_{130}$ обеспечило повышение фотосинтетического потенциала, к фону на 0,149 млн м² * сутки /га. А использование МикроСтива В, Си с внесением до посадки картофеля 40 т/га навоза на фоне $N_{90}P_{68}K_{135}$ не дало более высокого значения по данному показателю. В определении роли фотосинтеза в формировании урожая картофеля наиболее важным показателем является чистая продуктивность фотосинтеза. Результаты наших исследований показали, что интенсивное развитие ассимиляционной поверхности листьев в начале вегетации растений картофеля, способствовало суточному увеличению чистой продуктивности фотосинтеза.

Таблица 3. Влияние новых форм удобрений и регуляторов роста на величину фотосинтетического потенциала, чистую продуктивность фотосинтеза и урожайность картофеля сорта Манифест (среднее за 2014–2016 гг.)

Вариант	Фотосинтетический потенциал, млн. м ² * сутки /га			Чистая продуктивность фотосинтеза, г/м ² * сутки			Урожайность, т/га
	всходы – бутонизация	бутонизация – цветение	цветение – увядание ботвы	всходы – бутонизация	бутонизация – цветение	цветение – увядание ботвы	
1. Без удобрений	0,179	0,265	0,415	9,45	5,16	– 0,88	25,6 (23,5)*
2. $N_{90}P_{68}$	0,269	0,424	0,711	10,03	2,17	– 1,26	32,4
3. $N_{90}P_{68}K_{135}$ Фон – 1	0,282	0,434	0,718	10,05	2,32	– 1,24	35,3
4. $N_{90}P_{68}K_{135}$ (АФК – хлорсодержащее удобрение)	0,311	0,503	0,815	10,38	2,69	– 1,53	44,2
5. $N_{90}P_{68}K_{135}$ (АФК – бесхлорное удобрение)	0,315	0,509	0,828	10,60	2,55	– 1,47	45,6
6. $N_{120}P_{70}K_{130}$ Фон – 2	0,295 0,312*	0,468 0,467*	0,758 0,801*	10,05 9,97*	2,39 1,89*	– 1,27 – 0,51*	40,9 (39,2)*
7. Фон 2 + МикроСтим В, Си	0,362	0,558	0,897	10,33	2,40	– 1,28	44,4
8. Фон 2 + Нутривант плюс	0,345	0,561	0,953	10,56	2,09	0,46	50,0
9. Фон 2 + Экосил	0,335	0,566	0,901	11,09	2,18	1,49	45,2
10. $N_{130}P_{90}K_{150}$ + Нутривант плюс	0,347	0,543	0,867	11,00	1,22	– 0,76	45,9
11. Фон 1 + Навоз 40 т/га	0,317 0,334*	0,513 0,518*	0,865 0,923*	10,95 10,34*	1,34 1,58*	– 0,20 0,10*	43,6 (40,7)*
12. Фон 1 + Навоз 40 т/га + МикроСтим В, Си	0,370*	0,511*	0,881*	9,76*	1,65*	– 0,35*	46,1*
13. Фон 2 + Наноплант	0,359*	0,569*	0,950*	11,12*	2,00*	– 0,81*	42,6*
НСР ₀₅	–	–	–	–	–	–	1,4 (1,9)*

* – среднее за 2015–2016 гг.

С периода бутонизация–цветение в вариантах с применением как стандартных, так и новых форм комплексных удобрений для основного внесения и некорневых подкормок, микроудобрений и регуляторов роста происходило снижение чистой продуктивности фотосинтеза. Особенно с использованием более высоких доз удобрений $N_{130}P_{90}K_{150}$ с некорневой подкормкой Нутривант плюс, где суточная продуктивность фотосинтеза составила 1,22 г/м² * сутки. В варианте без внесения удобрений и при применении 40 т/га навоза на фоне $N_{90}P_{68}K_{135}$ этот показатель составил 5,16 и 1,34 г/м² * сутки соответственно. Во второй половине вегетации в период цветения–увядание ботвы по мере старения листьев чистая продуктивность фотосинтеза может принимать отрицательное значение. В варианте с применением комплексного удобрения Нутриванта плюс на фоне $N_{120}P_{70}K_{130}$ чистая продуктивность фотосинтеза не принимала отрицательного значения, так как

растения продолжали находиться более длительное время в жизнедеятельном состоянии, что и позволило получить урожайность картофеля сорта Манифест (50,0 т/га).

У среднепозднего сорта Вектар фотосинтетический потенциал листовой поверхности максимальных значений также достигал к периоду цветение–увядание ботвы. В среднем за 2014–2016 гг. исследований в варианте без применения удобрений он достиг 0,322 млн м²*сутки /га. Новые формы комплексных удобрений и регуляторы роста способствовали увеличению фотосинтетического потенциала посадок картофеля.

Внесение до посадки бесхлорного АФК удобрения к периоду цветение – увядание ботвы повышало фотосинтетический потенциал растений картофеля по сравнению с вариантом, где в эквивалентных дозах были внесены азот, фосфор и калий (N₉₀P₆₈K₁₃₅) в форме стандартных удобрений, на 0,164 млн м²*сутки /га. При использовании некорневых подкормок в среднем за три года более высокий фотосинтетический потенциал отмечен в варианте с Нутривантом плюс на фоне более высоких доз удобрений N₁₃₀P₉₀K₁₅₀ (0,810 млн м²*сутки /га).

В среднем за два года исследований (2015–2016 гг.) применение микроудобрения Наноплант на фоне N₁₂₀P₇₀K₁₃₀ обеспечило повышение фотосинтетического потенциала, к фону на 0,177 млн м²*сутки /га.

Результаты исследований показали, что в среднем за три года интенсивное развитие ассимиляционной поверхности листьев в начале вегетации растений картофеля сорта Вектар способствовало суточному увеличению чистой продуктивности фотосинтеза. Применение удобрений повышало чистую продуктивность фотосинтеза в данном периоде с 8,65 до 13,02 г/м²*сутки.

Наибольшая чистая продуктивность фотосинтеза зафиксирована в вариантах с некорневой подкормкой Нутривантом плюс на фоне N₁₂₀P₇₀K₁₃₀ и с внесением 40 т/га навоза на фоне N₉₀P₆₈K₁₃₅, превышая фон на 2,68 и 3,30 г/м²*сутки соответственно. При внесении хлорсодержащего АФК удобрения чистая продуктивность фотосинтеза составила 10,35 г/м²*сутки, что было выше на 0,86 г/м²*сутки по сравнению с бесхлорным АФК удобрением.

С периода бутонизация – цветение в вариантах с применением как стандартных, так и новых форм комплексных удобрений, микроудобрений и регуляторов роста наблюдалось снижение чистой продуктивности фотосинтеза по отношению к контролю. Чистая продуктивность фотосинтеза у сорта Вектар при применении некорневых подкормок регулятором роста Экосил и микроудобрением МикроСтим В, Си на фоне N₁₂₀P₇₀K₁₃₀ возрастала на 1,74 и 1,12 г/м²*сутки. Использование Нутриванта плюс на фоне повышенных доз удобрений N₁₃₀P₉₀K₁₅₀ по сравнению с его использованием на фоне N₁₂₀P₇₀K₁₃₀ увеличивало продуктивность фотосинтеза на 0,95 г/м²*сутки. Внесение 40 т/га навоза на фоне N₉₀P₆₈K₁₃₅ снижало чистую продуктивность фотосинтеза к фону на 0,53 г/м²*сутки.

В период цветение–увядание ботвы по мере старения листьев чистая продуктивность фотосинтеза у сорта Вектар принимала отрицательное значение во всех вариантах опыта. Однако, более медленное снижение чистой продуктивности фотосинтеза проходило на фоне более высоких доз удобрений (N₁₃₀P₉₀K₁₅₀) с Нутривантом плюс.

Применение микроудобрения МикроСтим В, Си с внесением до посадки картофеля 40 т/га навоза на фоне N₉₀P₆₈K₁₃₅ увеличивало чистую продуктивность фотосинтеза к фону, где данное микроудобрение не применялось, в период бутонизация–цветения на 0,96 г/м²*сутки, в период цветение–увядание ботвы на 3,07 г/м²*сутки, что обеспечивало высокую урожайность картофеля в среднем за два года исследований.

Максимальная продуктивность фотосинтеза от использования Нанопланта на фоне N₁₂₀P₇₀K₁₃₀ была в период бутонизация – цветение, превышая фон на 1,27 г/м²*сутки. Максимальная продуктивность картофеля (50,0 т/га) в среднем за три года исследований была получена у сорта Манифест от некорневой подкормки Нутривантом плюс на фоне N₁₂₀P₇₀K₁₃₀. От применения МикроСтима В, Си на том же фоне прибавка составила 3,5 т/га (с 40,9 до 44,4). Использование регулятора роста Экосил увеличивало урожайность картофеля на 4,3 т/га (с 40,9 до 45,2). Внесение до посадки бесхлорного АФК удобрения и хлорсодержащего по действию на урожайность клубней было равнозначным и повышало урожайность по сравнению с вариантом, где в эквивалентных дозах были внесены азот, фосфор и калий (N₉₀P₆₈K₁₃₅) в форме стандартных удобрений, на 10,3 (с 35,3 до 45,6) и на 8,9 т/га (с 35,3 до 44,2) соответственно.

При использовании в среднем за два года микроудобрения МикроСтим В, Си с внесением до посадки картофеля 40 т/га навоза на фоне N₉₀P₆₈K₁₃₅ повышалась урожайность клубней картофеля сорта Манифест к фону на 5,4 т/га (с 40,7 до 46,1). Обработка посадок картофеля Наноплантом на фоне N₁₂₀P₇₀K₁₃₀ способствовала возрастанию урожайности клубней на 3,4 т/га (с 39,2 до 42,6).

Максимальная продуктивность картофеля (41,8 т/га) в среднем за три года исследований была получена у сорта Вектар от некорневой подкормки Нутривантом плюс на фоне более высоких доз удобрений $N_{130}P_{90}K_{150}$.

Внесение до посадки бесхлорного АФК удобрения и хлорсодержащего у сорта Вектар по действию на урожайность клубней было равнозначным и повышало урожайность по сравнению с вариантом, где в эквивалентных дозах были внесены азот, фосфор и калий ($N_{90}P_{68}K_{135}$) в форме стандартных удобрений, на 7,1 т/га (с 32,6 до 39,7) и 6,3 т/га (с 32,6 до 38,9). При использовании удобрений Нутривант плюс, МикроСтим В, Си и регулятора роста Экосил на фоне $N_{120}P_{70}K_{130}$ прибавка урожайности картофеля к фону составила 4,3; 4,0 и 3,4 т/га.

В среднем за два года исследований (2015–2016 гг.) при использовании комплексного удобрения МикроСтим В, Си совместно с внесением 40 т/га навоза на фоне $N_{90}P_{68}K_{135}$ была получена урожайность картофеля 44,5 т/га. Несколько ниже урожайность (41,8 т/га) была отмечена при применении микроудобрения Наноплант на фоне $N_{120}P_{70}K_{130}$.

Заключение

Применение некорневой подкормки комплексным удобрением Нутривант плюс на фоне $N_{120}P_{70}K_{130}$ с нормой расхода 2,5 кг/га при двукратной обработке в среднем за три года исследований на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах северо-восточной части Беларуси способствовало созданию оптимальных условий для роста растений, нарастания сырой и сухой биомассы, повышения площади листовой поверхности, фотосинтетического потенциала и чистой продуктивности фотосинтеза. В этом варианте в фазе цветения сырая и сухая масса ботвы составляла (432,9 и 49,3 г/куст), превышая фон на 60,7 и 7,0 г/куст, площадь листьев (51,9 тыс. м²/га), превышая фон на 9,4 тыс. м²/га. В период цветения – увядание ботвы фотосинтетический потенциал увеличивался к фону, на 0,196 млн м²*сутки/га, а чистая продуктивность фотосинтеза в этот период не принимала отрицательного значения, что и позволило получить максимальную урожайность картофеля среднераннего сорта Манифест (50,0 т/га). При использовании некорневой подкормки Нутриванта плюс на фоне более высоких доз удобрений $N_{130}P_{90}K_{150}$ с нормой расхода 2,0 кг/га с трехкратной обработкой в среднем за три года исследований у среднепозднего сорта Вектар повышало высоту растений до 80,4 см, сырую и сухую биомассу до 360,5 и 45,1 г/куст соответственно. В период цветения–увядание ботвы фотосинтетический потенциал увеличивался до 0,810 млн м²*сутки/га, а чистая продуктивность фотосинтеза снижалась более медленными темпами в отличие от других вариантов. Все это способствовало получению высокой урожайности клубней картофеля в данном варианте (41,8 т/га).

ЛИТЕРАТУРА

1. Синягин, И. И. Площадь питания растений / И. И. Синягин. – М.: Россельхозиздат, 1975. – 384 с.
2. Власенко, Н. Е. Удобрение картофеля / Н. Е. Власенко. – М.: Агропромиздат, 1987. – 217 с.
3. Церлинг, В. В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур / В. В. Церлинг // Справочник. – М.: Агропромиздат, 1990. – 235 с.
4. Тарасенко, С. А. Практикум по физиологии и биохимии растений: практическое пособие / С. А. Тарасенко, Е. И. Дорошкевич; Гродн. с.-х. ин-т. – Гродно: Облиздат, 1996. – 122 с.
5. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Колос, 1985. – 416 с.
6. Вечер, А. С. Физиология и биохимия картофеля / А. С. Вечер, М. Н. Гончарик. – Минск, 1973. – 264 с.